

ZWEITER THEIL.

DER TEMPERATURSINN

VON

PROF. EWALD HERING IN PRAG.

I. Das Organ des Temperatursinns und seine Reizmittel.

Wir verstehen unter Temperatursinn das Vermögen, kalt und warm zu empfinden und mit Hülfe dieser Empfindungen Temperaturverschiedenheiten der Aussendinge wahrzunehmen.

Organ des Temperatursinnes ist nach E. H. WEBER¹, dem Begründer der Lehre vom Temperatursinne, die ganze äussere Haut, die Haut des äusseren Gehörganges, die Schleimhaut der Mund- und Rachenhöhle, des vorderen Einganges und des Bodens der Nasenhöhle und der oberen Fläche des Gaumenvorhanges, endlich die Schleimhaut des Afters.

Die Steigerung oder Minderung der Eigenwärme eines Nerven in seinem Verlaufe bewirkt nach WEBER zwar Schmerzempfindungen und Störungen seines Leistungsvermögens, aber keine Temperaturempfindungen; ebenso wenig konnte WEBER durch Druck auf den Nerv. ulnaris am Ellbogen Temperaturempfindungen im Verbreitungsbezirke dieses Nerven erzeugen. Hiernach hätten wir in den mit Temperatursinn begabten Theilen besondere Nervenendapparate von eigenthümlicher Erregbarkeit anzunehmen, durch deren Vermittlung die Temperaturempfindungen erzeugt werden.

WEBER tauchte die Spitze des Ellbogens in eiskaltes Wasser und empfand nach ungefähr 16 Sekunden einen Schmerz, der mit der Empfindung der Kälte keine Aehnlichkeit hatte und nicht auf den Ellbogen beschränkt war, sondern einen Theil des Unterarmes und der Hand einzunehmen schien. Bei längerer Fortsetzung des Versuchs entstand das

1 E. H. WEBER, WAGNER's Handwörterb. d. Physiol. III. 2. S. 481. 1846.

Gefühl des Eingeschlafenseins an den Fingern im Verbreitungsbezirke des Nerv. ulnaris.

Ein Wasserklystier von 15⁰, beziehungsweise 6⁰ R., erregte am After ein starkes Kältegefühl, als es eindrang und als es wieder abging. Im Innern des Bauches aber, oder in der Beckenhöhle hatte der Beobachter kein Gefühl von Kälte. Erst nach einiger Zeit glaubte derselbe eine schwache Kälte in der Gegend der vordern Bauchwand wahrzunehmen, was WEBER aus der von innen her erfolgten Abkühlung der äussern Bauchhaut erklärt. Es ist anzunehmen, dass bei diesen Versuchen ausser den Eingeweiden auch gewisse Aeste der Kreuz- und Lendennerven erheblich abgekühlt wurden.

Auf eiternden Brandwunden und auf Verbrennungsnarben konnte WEBER durch Berührung mit kalten und warmen Körpern keine Temperaturempfindungen, sondern nur Schmerz erzeugen. Ein zuvor in Wasser von 7—10⁰ R. eingetauchter Spatel wurde von den Patienten nicht von einem andern unterschieden, welcher in Wasser von 36—40⁰ R. eingetaucht gewesen war, während die Unterscheidung auf den unversehrten benachbarten Hautstellen sehr leicht war.

Beim Verschlucken sehr kalter (bis 0⁰) und sehr warmer (bis 50⁰ R.) Getränke konnte WEBER die Empfindungen der Kälte oder Wärme nur im Munde, am Gaumen und im Schlunde, nicht aber in der Speiseröhre oder im Magen wahrnehmen. In der Magenegend entstand nach dem Trinken des kalten Wassers eine Empfindung, die WEBER „für die Empfindung schwacher Kälte hielt“ und auf die Abkühlung der äusseren Haut zurückführte. Als er das heisse Wasser trank, entstand beim Ankommen der heissen Flüssigkeit im Magen ein länger fortdauerndes Gefühl, aber es war kein deutliches Gefühl von Wärme und sogar mit einem Kältegefühl zu verwechseln.

Die durch einen Anus artificialis zugänglich gewordene Dickdarmschleimhaut berührte WEBER mit Eis und mit einem heissen Eisen, ohne dass die Patientin irgend eine Empfindung erhielt.

Beim Einziehen sehr kalter Luft in die Nase empfindet man, wie WEBER hervorhob, die Kälte nur am Eingange und am Boden der Nasenhöhle sowie auf der obern Fläche des weichen Gaumens. Berührung eines höher gelegenen Theiles der Nasenschleimhaut mit einem kalten Eisen bewirkt nur Kitzel, aber kein Kältegefühl.

Daraus, dass es WEBER nicht gelungen ist, durch Temperaturänderungen eines Nervenstammes Temperaturempfindungen hervorzurufen, folgt nicht, dass durch Reizung von Hautnerven in ihrem Verlaufe überhaupt keine solche Empfindungen erweckt werden könnten (FICK)¹, doch sind eingehendere Untersuchungen über die Empfindungen bei mechanischer und elektrischer Reizung der Nervenstämmen bisher nicht angestellt worden.

Ueber die peripheren Endapparate derjenigen Nerven, welche Temperaturempfindungen vermitteln, ist das II. Capitel des Abschnittes über den Tastsinn zu vergleichen, wo auch die Frage

¹ FICK, Lehrb. d. Anat. u. Physiol. d. Sinnesorgane. § 42. Lahr 1861.

erörtert ist, ob etwa dieselben Nervenapparate sowohl dem Temperatur- als dem Drucksinne dienen. Jedenfalls dürfen wir annehmen, dass der für den Temperatursinn in Betracht kommende Endapparat, den wir kurz den thermischen Apparat nennen wollen, der Hautoberfläche nahe liegt, weil an Hautstellen, die nicht eine besonders dicke Epidermis haben, die Temperaturempfindung äusserst rasch eintritt, wenn ein kaltes oder warmes Medium mit der Haut in Berührung kommt. Wir können daher auch erwarten, dass die Eigentemperatur des thermischen Apparates sich nicht erheblich von derjenigen der Epidermis unterscheidet.

Als Reizmittel für den thermischen Apparat dient Alles, was dessen Temperatur zu ändern vermag, ausserdem aber auch der electriche Strom. Taucht man jede Hand in ein Gefäss mit Kochsalzlösung, welche so temperirt ist, dass sie sich weder sehr kühl noch erheblich warm anfühlt, und schickt durch beide Hände einen schwachen galvanischen Strom, so erhält man an der Hand, in welcher der Strom eintritt, das Gefühl der Wärme, an der anderen das der Kühle. Nach RITTER¹ bestehen diese Gefühle bei hinreichend starkem Strome während der Dauer des Stromes fort, um nach der Oeffnung ins Gegentheil umzuschlagen. Bei sehr starken Strömen soll jedoch während der Schliessungsdauer das Gefühl der Wärme an der Eintrittsstelle, das der Kälte an der Austrittsstelle, und nach der Oeffnung beiderseits die entgegengesetzte Empfindung entstehen.

Auch gewisse chemische Reize rufen in der Mundschleimhaut Empfindungen hervor, welche mindestens viel Aehnlichkeit mit Temperaturempfindungen haben, so das Pfeffermünzöl ein Gefühl von Kühle, Pfeffer ein Wärmegefühl.

II. Die Adaptation des Temperaturorgans.

In einem wohltemperirten Zimmer fühlen wir meist an keiner Stelle des Körpers Wärme oder Kälte, obwohl dabei die einzelnen Theile des Temperaturorgans sehr verschieden temperirt sind. Die entblössten Theile der äussern Haut sind beträchtlich kühler als die bedeckten, am kühlgsten durchschnittlich die Finger und die Nase, während z. B. die Mundschleimhaut zu den am höchsten temperirten Theilen des Temperaturorgans gehört.

Die objective Temperatur, welche der thermische Apparat einer bestimmten Hautstelle hat, wenn wir an dieser Stelle weder Wärme noch Kälte fühlen, nennen wir seine Nullpunktstemperatur,

¹ Vgl. DU BOIS-REYMOND, Untersuch. üb. thier. Electricität. S. 356. Berlin 1848.
Handbuch der Physiologie. Bd. IIIa.

weil die Temperaturempfindung dabei so zu sagen auf dem Nullpunkte ist. Dieser physiologische Nullpunkt ist also nicht an eine ganz bestimmte objective Hauttemperatur gebunden, sondern entspricht an verschiedenen Stellen verschiedenen objectiven Wärme-graden der Haut und insbesondere ihres thermischen Apparats.

Aber auch an einer und derselben Hautstelle ist die physiologische Nullpunktstemperatur nicht immer genau dieselbe. Wenn wir einen Raum, in welchem wir keinerlei Temperaturempfindung hatten, mit einem etwas wärmeren (oder kühleren) vertauschen, so empfinden wir anfangs Wärme (oder Kühle). Nach längerem Aufenthalte aber im zweiten Raume kann jede Temperaturempfindung wieder verschwinden. Durch Messung der objectiven Temperaturen der entblösten Hautstellen lässt sich dabei in den meisten Fällen nachweisen, dass dieselben jetzt wirklich anders temperirt sind, als im ersten Raume. Der Nullpunkt der Temperaturempfindung entspricht also jetzt für dieselbe Hautstelle einer höheren oder tieferen Eigentemperatur des thermischen Apparates. Man pflegt in solchen Fällen zu sagen, dass man sich an die Wärme oder Kühle des zweiten Raumes gewöhnt habe, und dieselbe deshalb nicht mehr, wie im Anfange, empfinde. Wir wollen dafür sagen, dass der thermische Apparat sich für seine neue Eigentemperatur im zweiten Raume vollständig adaptirt habe.

Gehen wir aus dem zweiten Raume in den ersten zurück, in welchem wir anfangs keinerlei Temperaturempfindung hatten, so erhalten wir nun umgekehrt die Empfindung der Kühle (oder Wärme), und diese besteht so lange fort, bis sich unser Temperaturorgan abermals adaptirt hat.

Die Adaptirung ist nur innerhalb gewisser Grenzen möglich. Ist die Temperatur eines Raumes, in welchem wir uns lange aufhalten, zu hoch oder zu niedrig, so können wir andauernd das Gefühl der Wärme, oder, besonders an den Händen und Füßen, das Gefühl der Kälte haben.

Bei der vollständigen Adaptirung ist immer zu bedenken, dass bei Aenderungen der Hauttemperatur, welche durch Aenderung der Temperatur des umgebenden Mediums entstehen, auch der Blutstrom in der Haut und die Wasserverdunstung an derselben, also die Heizung der Haut durch das Blut so wie die Wärmeabgabe geändert werden können. Kommt nun eine Hautstelle, die bei einer gewissen Temperatur adaptirt war, mit einem z. B. kühleren Medium in dauernde Berührung, und erweist sie sich nach einiger Zeit wieder vollständig adaptirt, so muss durch Messungen der objectiven Hauttem-

peratur festgestellt werden, ob dieselbe nach der zweiten Adaptirung auch wirklich eine andere ist als nach der ersten, und ob also dem Nullpunkte der Empfindung jetzt wirklich eine andere Temperatur der bezüglichen Hautstelle und ihres thermischen Apparates entspricht. Denn es kann auch der Fall vorkommen, dass durch Aenderung des Blutstromes und der Verdunstung die Hauttemperatur trotz veränderter Temperatur des umgebenden Mediums wieder dieselbe geworden ist.

Von der hier beschriebenen Adaptirung, welche lediglich auf eine Aenderung der Erregbarkeit des nervösen Apparates zurückzuführen ist, müssen wir die auf längerer Gewöhnung beruhende Adaptirung der Haut unterscheiden, bei welcher ausserdem bleibende Aenderungen der Circulations- und Secretionsverhältnisse und der Epidermis in Betracht kommen können.

Wenn wir an einer Hautstelle weder Wärme noch Kälte deutlich empfinden, haben wir doch immer ein gewisses Gefühl an dieser Hautstelle; häufig auch kommt es vor, dass wir bei genauerer Aufmerksamkeit doch noch eine schwache Wärme- oder Kälteempfindung wahrnehmen. Wenn aber auch Letzteres nicht der Fall ist, so bleibt die Möglichkeit bestehen, dass in dem stets mehr oder minder deutlich vorhandenen Hautgefühl, welches man auch als das Gefühl der räumlichen Begrenzung oder Limitation bezeichnet hat¹, schwache Temperaturempfindungen mit enthalten sind.

Nach einer unten zu erwähnenden Theorie des Temperatursinnes wäre zu erwarten, dass dem, was wir oben den Nullpunkt der Temperaturempfindung genannt haben, eigentlich ein Zustand entspricht, in welchem wir eine äusserst schwache Wärme- und Kälteempfindung zugleich an einer und derselben Hautstelle haben, Empfindungen, welche zwar zu schwach sind, um deutlich, jede für sich, wahrgenommen zu werden, welche aber doch einen wesentlichen Bestandtheil des immer vorhandenen Hautgeföhles bilden könnten.

III. Die Abhängigkeit der Temperaturempfindung von der Eigentemperatur des thermischen Apparates.

Das Bestimmende für die Temperaturempfindung ist nach HERING² die Eigentemperatur des thermischen Apparates. So oft derselbe an irgend welcher Hautstelle eine Temperatur hat, welche über seiner Nullpunktstemperatur liegt, empfinden wir Wärme, im entgegengesetzten Falle aber Kälte. Die eine oder die andere Empfindung ist um so deutlicher oder stärker, je mehr die jeweilige Temperatur des thermischen Apparates von seiner Nullpunktstemperatur abweicht. Der Kürze wegen wollen wir jede über der Nullpunktstemperatur, als der

1 Vergl. FECHNER, Psychophysik. II, S. 325. 1860.

2 HERING, Sitzgsber. d. Wiener Acad. 3. Abth. LXXV. S. 101. 1877.

neutralen, liegende Temperatur des thermischen Apparates eine positive, jede darunter liegende eine negative Eigentemperatur desselben nennen.

Wenn der thermische Apparat irgend eine constante Temperatur angenommen hat, so bedeutet dies zugleich, dass die Wärmezufuhr in demselben der Wärmeabfuhr eben das Gleichgewicht hält. Die Wärmezufuhr verdankt derselbe, abgesehen von dem Falle der äussern Wärmezufuhr, im Wesentlichen dem Blute, in untergeordneten Maasse auch seinem eignen Stoffwechsel und dem der Nachbartheile. Die Wärmeabfuhr erfolgt durch Strahlung, durch Leitung an das umgebende Medium und endlich durch die Wasserverdunstung von der Hautoberfläche.

Der fortwährend durch die Haut und also auch durch das thermische Organ von innen nach aussen fließende Wärmestrom kann bei einer und derselben Temperatur des Organes eine verschiedene Intensität haben, und umgekehrt kann bei einer und derselben Stärke des Wärmestromes das thermische Organ verschieden temperirt sein. Doch hat die jeweilige Stärke des Wärmestromes an sich keinerlei Einfluss auf die Temperaturempfindung. Eine Aenderung der Eigentemperatur des thermischen Apparates wird eintreten müssen, sobald eine Störung des bis dahin bestandenen Gleichgewichtes zwischen Zufuhr und Abfuhr der Wärme eintritt; und zwar wird eine Steigerung jener Eigentemperatur erfolgen, wenn sich die Abfuhr mindert, während die Zufuhr constant bleibt, oder wenn sich die Zufuhr steigert, während die Abfuhr unverändert bleibt, oder wenn beide sich steigern, aber die Zufuhr mehr als die Abfuhr, oder endlich, wenn sich beide mindern, aber die Abfuhr weniger als die Zufuhr. In ganz analoger Weise sind vier verschiedene Veranlassungen zu einer Senkung der Eigentemperatur des thermischen Apparates denkbar. Aus dieser Betrachtung ergiebt sich zugleich, dass die Intensität des Wärmestromes ebensowohl zu- als abnehmen kann, während die Eigentemperatur des thermischen Apparates steigt, und dass dasselbe für den Fall einer Senkung dieser Eigentemperatur gilt.

Die Veranlassungen zur Wärmeempfindung. Setzen wir einen unveränderten Blutstrom in einer Hautstelle voraus, so wird jede Veranstaltung, bei welcher die Wärmeabgabe seitens der Haut gemindert wird, gleichsam eine Anstauung der Wärme und eine positive Eigentemperatur des thermischen Apparates bedingen, falls derselbe zuvor die Nullpunktstemperatur hatte. Wir werden mithin eine Wärmeempfindung erhalten.

Befinden wir uns in einem Zimmer, bei dessen Temperatur wir

uns adaptirt haben, und ist unsere Hand nur von Luft umgeben, so erfolgt gleichwohl eine fortwährende Wärmeabgabe von der Haut der Hand theils durch Strahlung, theils durch Erwärmung der berührenden Luftschicht, welche in Folge dessen aufsteigt und durch andere Luft ersetzt wird, theils endlich durch Verdunstung. Man bringe nun die Hand von unten her in ein umgekehrtes Becherglas oder noch besser in ein Holzgefäss, welches die Zimmertemperatur angenommen hat und gross genug ist, um die Hand ohne Berührung der Seitenwand aufzunehmen, und man wird nach einiger Zeit die Empfindung der Wärme erhalten. Denn durch das Gefäss wird die von der Hand erwärmte Luft am Entweichen verhindert, die Verdunstung wird gemindert, weil die Luft mehr und mehr Wasser aufnimmt, und die Strahlung nimmt auch ab, weil das Gefäss sich langsam erwärmt. In analoger Weise erhalten wir Wärmeempfindung, wenn wir Pelzhandschuhe anziehen oder sonstwie die Hand passend einhüllen. In allen solchen Fällen handelt es sich keineswegs um Wärmezufuhr zur Hand von aussen; der wesentliche Umstand liegt nur darin, dass der thermische Apparat dabei höher temperirt ist, als zuvor.

Viel schneller und stärker können wir bei dem beschriebenen Versuche Wärmeempfindung herbeiführen, wenn wir die Hand in ein Gefäss bringen, welches sammt der eingeschlossenen Luft bereits höher temperirt ist, als die Zimmerluft, jedoch nicht so hoch, wie die äusserste Schicht der Epidermis. Kommt die Temperatur der im Gefässe enthaltenen Luft der Temperatur der äusseren Epidermischicht auch nur nahe, so fühlen wir beim Einbringen der Hand sofort deutliche Wärme. Dasselbe zeigt sich, wenn wir die Hand in Oel tauchen, dessen Temperatur derjenigen der Epidermis sehr nahe steht. In allen solchen Fällen wird der Haut keine Wärme von aussen zugeführt, sondern die Steigerung der Eigenwärme des thermischen Apparates ist lediglich die Folge der geminderten Wärmeabgabe.

Wie man die Temperatur der äusseren Epidermischicht annähernd bestimmen kann, ohne dieselbe direct zu messen, soll unten erörtert werden.

Wird die Haut von einem Medium berührt oder bestrahlt, welches höher temperirt ist als die Epidermis, so wird nicht nur jede Wärmeabgabe sofort unmöglich, sondern die Epidermis nimmt auch Wärme von aussen auf, um so schneller, je leichter das Medium die Wärme abgibt, daher sich Metalle unter solchen Umständen wärmer anfühlen, als gleich hoch temperirte schlechte Wärmeleiter. Ist das

Medium zwar höher temperirt, als die Epidermis, aber niedriger als das die Haut durchströmende Blut, so wird die Ueberleitung von Wärme aus dem die Haut berührenden Medium zur Epidermis sehr bald wieder aufhören, die letztere weiterhin durch die innere Wärmezufuhr höher temperirt werden als das äussere Medium, und nun umgekehrt wieder Wärme an dieses abgeben. Unter allen diesen Umständen haben wir Wärmeempfindung, weil die Eigentemperatur des thermischen Apparates dabei gesteigert ist. Eine völlige Umkehr des Wärmestromes der Haut kann nur dann eintreten, wenn die Haut dauernd von einem Medium berührt oder bestrahlt wird, welches höher temperirt ist, als das die Haut durchfliessende Blut. Dies ist ein verhältnissmässig seltener Fall.

Endlich empfinden wir Wärme, ohne dass zunächst die Wärmeabgabe geändert wird, wenn die innere Wärmezufuhr zur Haut sich steigert. Eine plötzliche Hyperämie der Gesichtshaut, wie bei der Schamröthe, ist deshalb von einer Wärmeempfindung begleitet. Durch die hierbei eintretende Steigerung der Hauttemperatur wird sehr bald auch die Wärmeabgabe von derselben und somit der durch die Haut gehende Wärmestrom gesteigert, während dabei die Wärmeempfindung noch fortbestehen kann.

Nach VIERORDT¹ ist „die objective Ursache sämtlicher Temperaturempfindungen in letzter Instanz der Durchgang einer bestimmten Wärmemenge durch die Haut“. „Wir percipiren aber“, sagt VIERORDT weiter, „nicht bloss die Stärke, sondern auch die Richtung des Wärmestromes in der Form von Wärme und Kälte und zwar unter Umständen ganz unabhängig von der objectiven Temperaturänderung der Haut.“ Die angeführten Thatsachen lehren jedoch, dass sogar in der Mehrzahl der Fälle, in welchen wir Wärmeempfindung haben, ein Wärmestrom durch die Haut in der Richtung von innen nach aussen geht, wenn er auch meistens schwächer ist, als bei jenem Zustande des thermischen Apparates, wo derselbe weder Wärme- noch Kälteempfindung auslöst. Die Wärmeempfindung bei plötzlicher Hyperämie der Haut ist sogar von einer Verstärkung des nach Aussen gehenden Wärmestromes begleitet. Eine ausführlichere Widerlegung der VIERORDT'schen Ansicht findet sich bei HERING (l. c.).

Veranlassungen zur Empfindung der Kühle oder Kälte. Eine negative Temperatur des thermischen Apparates und mit ihr die Empfindung der Kühle oder Kälte kann, wenn der Apparat die Nullpunkttemperatur hat, schon durch stärkere Bewegung der die Haut umgebenden Luft herbeigeführt werden, weil dadurch die der Haut zunächst liegende Luftschicht schneller gewechselt

¹ VIERORDT, Grundriss d. Physiol. 5. Aufl. S. 355. 1877.

und der Wärmeverlust durch Leitung und Verdunstung gesteigert wird. Es genügt also, z. B. die Hand, die so eben auf dem Nullpunkte der Empfindung war, rasch durch die Luft zu bewegen, oder Luft von Zimmertemperatur gegen die Hand zu blasen, um eine kühle Empfindung zu erhalten. Ist die Haut feucht und der Luftstrom sehr stark, so kann sogar ein starkes Kältegefühl entstehen. Jede niedere Lufttemperatur wird aus demselben Grunde um so leichter, jede hohe um so schwerer ertragen, je ruhiger die Luft ist.

Die Berührung der bei einer Zimmertemperatur von beiläufig $16-18^{\circ}$ adaptirten Hand mit einem festen oder flüssigen Körper, welcher dieselbe Temperatur hat, wie die Zimmerluft, führt fast immer das Gefühl der Kälte oder Kühle herbei, weil feste und flüssige Körper der Haut die Wärme rascher entziehen, als die Luft. Man tauche die Hand in Oel, Wasser oder Quecksilber von Zimmertemperatur, und man wird im Oel schwache, im Wasser stärkere Kühle, im Quecksilber aber Kälte fühlen. Tuch, Leder, Papier, Holz, Glas, Porzellan von derselben Temperatur fühlen sich deutlich kühl an, besonders, wenn man die ganze Handfläche auflegt, und zwar um so kühler, je glätter sie sind. Glatte Körper erzeugen unter den genannten Umständen eine deutlichere Empfindung der Kühle, weil sie mit der Haut in innigere Berührung kommen als rauhe Flächen, die nur mit ihren Vorsprüngen die Haut berühren, während im Uebrigen die Haut mit der zwischen diesen Vorsprüngen befindlichen Luft in Berührung bleibt. Da ferner, wie schon E. H. WEBER hervorhob, die Deutlichkeit oder Intensität einer Temperaturempfindung um so grösser ist, je grösser die betheiligte Hautfläche, so genügt es in den erwähnten Fällen oft nicht, den festen oder flüssigen Körper nur mit einem Finger zu berühren, um die Kühle deutlich zu fühlen, sondern man muss die ganze Hand auflegen.

Da das Wärmeentziehungsvermögen¹ der genannten Substanzen ein verschiedenes ist, so ist auch, trotz gleicher Temperatur und sonst gleichen Bedingungen, die Herabsetzung der Eigentemperatur des thermischen Apparats eine verschieden grosse, und deshalb die Empfindung der Kühle verschieden deutlich. Am stärksten entziehen die Metalle der Haut die Wärme, und deshalb fühlen sich dieselben kalt an, auch wenn sie gleich hoch oder sogar etwas höher temperirt sind, wie eine Luft, in welcher die Haut weder Wärme noch Kälte fühlt. Die Empfindung der Kühle wird immer dann entstehen

¹ Das Wärmeentziehungsvermögen eines Körpers ist von seinem Leitungsvermögen, seiner specifischen Wärme und nach dem oben Gesagten auch von der Art seiner Oberfläche abhängig.

müssen, wenn jene Körper trotz ihrer höheren Temperatur doch der Haut mehr Wärme entziehen, als die minder warme Luft. Denn die Wärmeentziehung wächst einerseits mit der Temperaturdifferenz zwischen der Epidermis und dem berührenden Medium, anderseits mit dem Wärmeentziehungsvermögen des letzteren. Es kann also trotz kleinerer Temperaturdifferenz doch die Wärmeentziehung stärker sein.

Für jeden festen oder flüssigen Körper wird es ferner eine Temperatur geben müssen, bei welcher derselbe der Haut genau ebenso viel Wärme in der Zeiteinheit entzieht, als zuvor die Luft, in welcher die Haut auf dem Nullpunkte der Temperaturempfindung war. Diese Temperatur des festen oder flüssigen Körpers wird sich derjenigen der Epidermis um so mehr nähern, je stärker das Wärmeentziehungsvermögen der bezüglichen Substanz ist. Nimmt man drei Flüssigkeiten, deren Wärmeentziehungsvermögen verschieden ist, wie z. B. Oel, Wasser und Quecksilber, und bringt jede dieser Flüssigkeiten auf diejenige Temperatur, bei welcher der eingetauchte Finger weder Wärme noch Kälte empfindet, weil in der Flüssigkeit die Wärmeabgabe von der Haut ebenso gross ist als zuvor in der Luft, so ergibt sich, dass das Quecksilber dabei eine höhere Temperatur hat, als das Wasser, und dieses wieder eine höhere, als das Oel.

Die Temperatur eines Quecksilbers, welches beim Eintauchen eines Fingers weder warm noch kühl erscheint, kommt jedenfalls der Temperatur der Epidermis sehr nahe; denn wäre sie auch nur ein wenig höher, so würde das gut leitende Quecksilber die Temperatur der Haut sehr bald steigern und Wärmeempfindung herbeiführen, wäre sie irgend erheblich tiefer, so würde das Quecksilber der Haut mehr Wärme entziehen, als zuvor die schlecht leitende Luft, die Haut sich also abkühlen und das Gefühl der Kühle entstehen müssen. Man kann also durch den beschriebenen Versuch die Eigentemperatur der Epidermis annähernd bestimmen.

Bei einer Zimmertemperatur von $17-19^{\circ}$ fand HERING die fragliche Temperatur des Quecksilbers in zahlreichen Versuchen zwischen 25 und 31° C. Dabei zeigte sich, dass die verschiedenen Finger derselben Hand, obwohl sie sich Stunden lang unter ganz gleichen Verhältnissen befunden hatten, in demselben Quecksilber ganz verschiedene Empfindungen gaben. So empfand öfters der Daumen und Zeigefinger in demselben Quecksilber schwache Kühle, in welchem der Mittelfinger weder Wärme noch Kälte und der kleine Finger schwache Wärme empfand. Dies war beispielsweise einmal der Fall bei 18° Zimmertemperatur und 26.7° Quecksilbertemperatur. Damit stimmt überein, dass man öfters am kleinen und vierten Finger sehr schwache Kühle bei einer Zimmertemperatur empfindet, die

an der übrigen Hand noch gar keine Temperaturempfindung hervorruft, und dass diese beiden Finger sich öfters kühl anfühlen, wenn man sie mit der andern Hand anfasst, während dies bei den übrigen Fingern nicht der Fall ist.

Oel, welches so temperirt ist, dass es weder Wärme- noch Kälteempfindung giebt, fühlt man beim langsamen Eintauchen gar nicht, weil der Druck, den es dabei auf die Haut ausübt, zu schwach ist. Quecksilber dagegen giebt unter analogen Bedingungen eine deutliche Druckempfindung.

Ist uns eine Hautstelle gegeben, welche für die Bedingungen der Wärme-Zufuhr und Abfuhr, unter denen sie sich befindet, eben vollkommen adaptirt ist und also weder Kühle noch Wärme fühlt, und empfindet diese Hautstelle bei Berührung mit einem andern Medium gleichfalls weder Wärme noch Kühle, weil dasselbe der Haut nur ebenso viel Wärme in derselben Zeit entzieht, als ihr zuvor entzogen wurde, so nennen wir die Temperatur des neuen Mediums die adäquate Temperatur desselben.

Hat also ein Körper in Bezug auf die berührte Hautstelle die adäquate Temperatur, so fühlt er sich weder kalt noch warm an, hat er eine höhere, so scheint er warm, im entgegengesetzten Falle kalt, um so deutlicher, je mehr seine wirkliche Temperatur von der adäquaten abweicht.

Da die Grösse der Wärmeabgabe auch bei vollständiger Adaptation an verschiedenen Hautstellen eine verschiedene und sogar an derselben Hautstelle keineswegs immer dieselbe ist, so ist auch die adäquate Temperatur für eine und dieselbe Substanz und in Bezug auf eine und dieselbe Hautstelle nicht immer dieselbe. Man muss sie aber in jedem bestimmten Einzelfalle kennen, wenn man an einer Hautstelle die Feinheit des Temperatursinnes messen will. (s. u.)

Die Empfindung der Kühle oder Kälte tritt auch ohne Berührung eines kalten Körpers ein, wenn derselbe eine Steigerung des Wärmeverlustes der Haut durch Strahlung bedingt, daher wir z. B. in einem Zimmer, dessen Lufttemperatur relativ hoch, dessen Wände aber noch sehr kalt sind, doch frieren können.

Wenn die innere Wärmezufuhr zur Haut sich mindert, wie z. B. bei Gefässcontraction, so kann die Temperatur des thermischen Apparates ebenfalls negativ werden. Hierauf pflegt man das Kältegefühl beim Fieberanfall zu beziehen. Es ist bemerkenswerth, dass die Minderung der innern Wärmezufuhr mittelbar auch eine Minderung der Wärmeabfuhr bedingt, und dass also hier trotz einer Abnahme des von Innen nach Aussen gehenden Wärmestromes die Empfindung der Kälte eintritt.

IV. Die Verschiebung des physiologischen Nullpunktes.

Es wurde schon oben angegeben, dass selbst für eine und dieselbe Hautstelle die neutrale Eigentemperatur des thermischen Apparates nicht immer dieselbe ist, sich vielmehr der Nullpunkt der Temperaturempfindung in Folge der Adaptation auf der objectiven Scala der Eigentemperaturen jenes Apparates gleichsam verschieben kann.

Diese Verschiebung erfolgt ziemlich rasch und führt zu einer Reihe von Erscheinungen, welche man auf veränderte Erregbarkeit zu beziehen und als Ermüdungs- und Contrasterscheinungen zu bezeichnen pflegt.

Man bestimme für eine beliebige Hautstelle, z. B. einen Finger, die adäquate Temperatur des Quecksilbers und stelle zwei Quecksilbergefässe nebeneinander, deren eines Quecksilber von dieser adäquaten, das andere solches von einer wenige Grade höhern oder tiefern Temperatur enthält. Taucht man den Finger in letzteres, so fühlt man anfangs deutlich Wärme oder Kühle, sehr bald aber lässt die Deutlichkeit der Empfindung nach. Taucht man jetzt einen zweiten Finger ein, so erhält derselbe wieder eine deutliche Temperaturempfindung.

Nehmen wir an, das zweite Quecksilber sei etwas kälter gewesen als das erste, so wird beim Eintauchen des Fingers in Folge des etwas gesteigerten Wärmeabflusses die Temperatur des thermischen Apparates zunächst sinken, anfangs schneller, dann langsamer, schliesslich aber wird sich ein neues Gleichgewicht zwischen der Wärmezufuhr und dem Wärmeabflusse bilden und die Eigentemperatur des thermischen Apparates wieder constant werden, aber immer niedriger bleiben müssen, als vorher.

Wir müssten demnach, so scheint es, anfangs eine zunehmende und schliesslich constant bleibende Empfindung von Kühle haben. Dies ist aber nicht der Fall, weil bei jeder andauernden Wärme- oder Kälteempfindung die Nullpunktstemperatur des thermischen Apparates sich ersteren Falls etwas nach oben, letzteren Falls etwas nach unten verschiebt, um so schneller und um so mehr, je stärker die Wärme- oder Kälteempfindung ist. Es tritt also eine rasche, wenn auch unvollständige Adaptation des thermischen Apparates für seine neue Eigentemperatur ein, in ähnlicher Weise, wie sich das Auge rasch für verschiedene Lichtstärken adaptirt.

Wurde die Eigentemperatur des thermischen Apparates in Folge des Eintauchens in das Quecksilber bis zu einem gewissen Grade

negativ, so wird diese Negativität und entsprechend die Deutlichkeit der kühlen Empfindung um so geringer, je mehr in Folge der beginnenden Adaptation der Nullpunkt des thermischen Apparates herabsteigt. Dauert die schwach negative Temperatur des letzteren sehr lange an, so erfolgt, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, die vollständige Adaptation für dieselbe, d. h. der Nullpunkt der Empfindung rückt langsam soweit hinab, dass er endlich mit der neuen Eigentemperatur wieder zusammenfällt. Damit hört nun auch die Empfindung der Kühle völlig auf. In ganz entsprechender Weise verhält es sich beim Eintauchen des Fingers in ein Quecksilber, dessen Temperatur etwas über der adäquaten Temperatur liegt. Es kommt auch hier sehr bald eine unvollständige Adaptation des thermischen Apparates für seine höher gewordene Eigentemperatur zu Stande, wodurch die Positivität derselben und damit zugleich die anfängliche Wärmeempfindung wieder gemindert wird.

Hat sich in Folge des Bestehens einer Wärme- oder Kälte-Empfindung die Nullpunktstemperatur verändert, so kann auch die zuvor adäquat gewesene Temperatur irgend eines Mediums dies nicht ferner sein. Haben wir also z. B. den Finger für einige Zeit in das Quecksilber getaucht, dessen Temperatur etwas über der adäquaten lag, ist in Folge dessen die Nullpunktstemperatur eine etwas höhere geworden, und bringen wir nun den Finger in das erste Quecksilber zurück, welches zuvor adäquat temperirt war und sich weder kühl noch warm anfühlte, so giebt dieses jetzt die Empfindung der Kühle. Wir haben hier also eine sogenannte Contrastempfindung.

Um derartige Contrastempfindungen zu demonstrieren, ist es am zweckmässigsten, ein Gefäss mit Quecksilber oder Wasser von annähernd adäquater Temperatur zu füllen, dann rechts und links je ein anderes Gefäss mit derselben Flüssigkeit aufzustellen, dessen Temperatur einerseits viel höher, anderseits viel tiefer ist als die adäquate. Man lässt nun die rechte und linke Hand oder auch nur je einen Finger derselben in eines dieser Gefässe für einige Zeit eintauchen und dann beide Hände in das Mittelgefäss bringen. Die Hand, welche anfangs in der kälteren Flüssigkeit war, fühlt nun Wärme, die andere Kälte, obwohl beide sich in derselben Flüssigkeit befinden, welche kurz vorher keiner Hand merklich kalt oder warm erschien.

Aus der unvollständigen Adaptation oder Verschiebung des Nullpunktes in Folge andauernder Wärme- oder Kälteempfindung erklären sich auch folgende schon von WEBER angeführte Thatsachen: Taucht man die Hand 1 Minute in Wasser von $12,5^{\circ}$ C. und dann in ein

solches von 18° C., so hat man im letzteren einige Sekunden lang das Gefühl der Wärme, obwohl solches Wasser, wenn man die Hand gleich anfangs hinein gebracht hätte, die Empfindung der Kühle gemacht haben würde. „Tauchen wir die eine Hand in ein mässig kaltes Wasser unter, während wir die andere wiederholt, aber nur auf einen Augenblick eintauchen, so glauben wir in der letzteren Hand die Empfindung eines höheren Kältegrades zu haben, als in der ersteren, und doch sinkt die Temperatur in der Haut der ersten Hand tiefer als in der letzteren.“ —

Es kommt häufig vor, dass ein Körper, der sich anfangs kühl anfühlte, bei längerer Dauer der Berührung die Empfindung der Wärme giebt, und auch der umgekehrte Fall kann eintreten, dass ein anfangs warm scheinender Körper weiterhin die Empfindung der Kälte erzeugt. Legen wir die auf dem Nullpunkte der Empfindung befindliche Hand an einen schlechten Wärmeleiter, wie z. B. Wachsstaffet von Zimmertemperatur, so fühlt sich derselbe, wie oben erwähnt wurde, anfangs kühl an, bald aber verschwindet die Kühle und macht einer deutlichen, bis zu einem gewissen Grade wachsenden und lange anhaltenden Wärmeempfindung Platz. Die anfänglich kühle Empfindung ist oben erklärt worden. Dass nachher Wärme empfunden wird, erklärt sich daraus, dass die von der Haut abgegebene Wärme sich in dem schlechten Wärmeleiter aufstaut, denselben zunehmend höher temperirt und dadurch eine positive Temperatur des thermischen Apparates erzeugt, dessen Nullpunkt sich überdies im Anfange etwas nach unten verschoben hatte.

Bei dem oben beschriebenen Versuche WEBER's zeigte sich, dass eine Hand, welche eine Minute lang in Wasser von $12,5^{\circ}$ C. getaucht war, nachher in Wasser von 18° C. gebracht Wärme empfand. Diese Wärmeempfindung weicht aber, wenn die Hand eingetaucht bleibt, bald wieder einem Gefühl von Kühle. Im Wasser von $12,5^{\circ}$ war der thermische Apparat abgekühlt worden, und zugleich hatte sich die Nullpunktstemperatur desselben etwas nach unten verschoben. Im Wasser von 18° aber trat in Folge der relativ geminderten Wärmeabgabe wieder eine mässige Steigerung der Temperatur des thermischen Apparates ein, so dass dieselbe (wegen der vorhergegangenen Verschiebung des Nullpunktes der Empfindung) sogar etwas positiv werden konnte. Da aber im Wasser von 18° die Wärmeabgabe immerhin viel grösser ist, als in der Luft, so muss sehr bald der vorübergehenden Erhöhung der Temperatur des thermischen Apparates wieder eine Senkung derselben folgen, weil die Abkühlung der Haut bis zu einem gewissen Grade immer weiter in die Tiefe greift

und immer stärker wird. Dabei ist auch zu bedenken, dass die Epidermis im Wasser allmählich mehr und mehr durchfeuchtet und somit ein immer besserer Wärmeleiter wird. Analoge Bedingungen sind gegeben, wenn wir nach der, durch die Entkleidung bedingten Abkühlung in ein mässigwarmes Bad steigen; wir haben dann anfangs das Gefühl deutlicher Wärme, fangen aber nach einiger Zeit an zu frieren, auch wenn die Temperatur des Wassers constant geblieben ist. Allerdings kommen hierbei noch anderweite Umstände in Betracht, indessen passt obige Auseinandersetzung mit der nöthigen Einschränkung auch für diesen Fall.

Wegen der im Wasser eintretenden Aufquellung der Epidermis erscheint das Experimentiren mit dieser Flüssigkeit überhaupt nicht zweckmässig. Für die meisten Versuche dürfte das Quecksilber am geeignetsten sein, vorausgesetzt, dass es in grossen Quantitäten benutzt wird. Denn kleine Mengen ändern in Folge der Wärmeabgabe seitens der Haut zu rasch ihre Temperatur.

Die hier beschriebenen Thatsachen waren es wohl besonders, welche E. H. WEBER zu der Vermuthung veranlassten, dass nicht die jeweilige Temperatur des thermischen Apparats, sondern vielmehr der Akt des Steigens oder Fallens seiner Eigentemperatur die wesentliche Ursache der Wärme- oder Kälteempfindung sei. WEBER führt jedoch schon selbst einen Versuch an, welcher dieser Ansicht widerspricht. „Wenn man einen Theil der Haut des Gesichtes z. B. die Stirn mit einem 2,5° C. kalten Metallstabe einige Zeit z. B. 30 Secunden lang in Berührung bringt und denselben dann entfernt, so fühlt man ungefähr 20 Secunden lang die Kälte in jenem Theile der Haut.“ Während dieser Zeit steigt wieder die Temperatur des thermischen Apparates in der Haut, und wir müssten also nach WEBER's Annahme die Empfindung der Wärme haben. WEBER hat zwar versucht diesen Widerspruch zu lösen, indess hat HERING (l. c.) das Ungenügende dieser Lösung auseinandergesetzt.

Schon früher aber hat VIERORDT (l. c.) die WEBER'sche Ansicht als entschieden unhaltbar dargethan, und auch FECHNER¹ hat Bedenken gegen dieselbe erhoben. „Drückt man“, sagt VIERORDT, „bei mittlerer Zimmerwärme ein kaltes Metallstück (von — 2 bis — 8°) etwa 20 Secunden hindurch gegen den Handteller, so fällt die Temperatur des letzteren um 5 bis 8° C. Man hat zugleich eine schmerzhaft empfindung. Nach Entfernung des Metalls erwärmt sich die erkältete Haut, anfangs rasch, später langsamer, doch so, dass selbst nach 5 bis 8 Minuten die Haut noch nicht ihre frühere Temperatur erreicht hat. Während dieser ganzen Zeit des objectiven Temperatursteigens der Haut hat man deutliches Kältegefühl. Bringt man umgekehrt ein recht warmes (übrigens nicht schmerzhaftes) Metallstück mit der Haut kurze Zeit in Berührung, so steigt die Hautwärme um 1 bis 2°. Kühlt sich, nach Entfernung des warmen Körpers die Haut langsam ab, so hat man minutenlang (7' und darüber) ein Gefühl von Wärme.“

¹ FECHNER, l. c. S. 201.

„Wir haben anhaltendes Temperaturgefühl, so lange wir in der Nähe eines geheizten Ofens verweilen, oder eine Hautstelle mit einem gehörig warmen oder kalten Körper in Berührung bringen“, obwohl doch hier die Eigenwärme des thermischen Apparates nicht fortwährend steigen oder fallen kann, sondern schon constant werden muss, während die Temperaturempfindung noch fort dauert.

Der WEBER'sche Satz muss selbstverständlich für sehr viele Fälle zutreffen, weil eine negative oder positive Temperatur des thermischen Apparats, wenn derselbe zuvor neutral temperirt war, nur durch den Akt des Steigens oder Fallens seiner Temperatur möglich wird. Für eine Theorie des Temperatursinnes aber war es von der höchsten Bedeutung, festzustellen, ob die jeweilige Positivität und Negativität der Eigentemperatur des thermischen Apparats das Bestimmende für die Temperaturempfindung ist oder aber nur der Akt der Veränderung dieser Temperatur.

V. Die Bedingungen der Stärke der Temperaturempfindung.

Die Stärke der Temperaturempfindung hängt, wie schon gesagt, zunächst davon ab, um wie viel die jeweilige Eigentemperatur des thermischen Apparates in positiver oder negativer Richtung von der Nullpunkttemperatur abweicht. Ein bestimmtes Gesetz aber, nach welchem die Stärke der Empfindung mit der Grösse dieser Abweichung wächst, lässt sich nicht angeben. Gewöhnlich nimmt man mit FECHNER an, dass eine um so grössere Steigerung oder Senkung der Hauttemperatur nothwendig ist, um einen gleich starken Empfindungszuwachs zu geben, je höher oder tiefer die Hauttemperatur bereits ist; denn zahlreiche Versuche haben als wahrscheinlich ergeben, dass das Unterscheidungsvermögen für Temperaturdifferenzen berührter Körper um so geringer wird, je mehr die absolute Höhe oder Tiefe der zu unterscheidenden Temperaturen von der mittlen Hauttemperatur abliegt (s. u.).

Es begreift sich, dass der genauen Feststellung eines solchen Gesetzes ausserordentliche Schwierigkeiten entgegenstehen, weil es erstens nicht möglich ist, die jeweilige Temperatur des thermischen Apparates genau zu messen, und weil anderseits die Nullpunkttemperatur dieses Apparates variabel ist und sich während des Versuches ändert. Wir müssten nicht blos die jeweilige Temperatur des thermischen Apparats, sondern die positive oder negative Abweichung derselben von der Nullpunkttemperatur kennen, um das Gesetz finden zu können, nach welchem die Unterschiedsempfindlichkeit mit der Grösse dieser Abweichungen sich ändert. Wäre aber dieses Gesetz gefunden, so würde sich daraus ein Gesetz, nach welchem die Intensität der Temperaturempfindung mit der positiven oder negativen Grösse der Temperatur des thermischen Apparats wächst, auch nur auf Grund einer psychophysischen Hypothese ableiten lassen.

E. H. WEBER hat darauf aufmerksam gemacht, „dass auch die Grösse des Stücks der Haut, welches gleichzeitig von einem warmen oder kalten Körper afficirt wird, einen Einfluss auf die Temperaturempfindung hat. Wenn man in dieselbe warme oder kalte Flüssigkeit den Zeigefinger der einen Hand und die ganze andere Hand gleichzeitig eintaucht, so ist die Empfindung in beiden Gliedern nicht dieselbe, sondern in der ganzen Hand heftiger. Diese grössere Stärke des Eindrucks, die daher rührt, dass gleichzeitig derselbe Eindruck auf viel mehr empfindliche Punkte gemacht wird, verwechselt man mit derjenigen Stärke des Eindrucks, die unter anderen Umständen dadurch entsteht, dass die Flüssigkeit eine höhere oder eine niedere Temperatur hat. Es fühlt sich daher kaltes Wasser mit der ganzen Hand kälter, warmes Wasser mit derselben wärmer an, als mit einem einzelnen Finger, ungeachtet man doch weiss, dass man beide Glieder in dasselbe Wasser eintaucht. Weiss man das nicht, indem man die beiden Glieder in Gefässe mit Wasser eintaucht, deren Temperatur man nicht kennt, so wird man verleitet, Wasser, welches $+29\frac{1}{2}^{\circ}$ R. warm ist, und in das man die ganze Hand eintaucht, für wärmer zu halten als Wasser, das $+32^{\circ}$ R. warm ist, und in das man nur einen Finger eintaucht, und in dieselbe Täuschung wird man versetzt, wenn man Wasser von $+17^{\circ}$ und $+19^{\circ}$ R. auf dieselbe Weise untersucht, wo uns dann das Wasser, welches eine Temperatur von $+19^{\circ}$ R. hat, und in das wir die ganze Hand eintauchen, kälter zu sein scheint als das andere, ungeachtet letzteres um 2° R. minder warm ist.“

Die Verschiedenheiten der Empfindlichkeit für Temperatureindrücke an verschiedenen Hautstellen hat ebenfalls zuerst E. H. WEBER untersucht. Er erklärt dieselben theils aus der verschiedenen Dicke der Epidermis¹, theils aus Verschiedenheiten des nervösen Apparates. Doch kommen hier auch die Verschiedenheiten der Eigentemperatur der Haut und insbesondere des thermischen Apparates mit in Betracht, wenn man die Untersuchungsmethode WEBER's anwendet. Derselbe benutzte theils Glasphiolen, die er mit Oel füllte, durch Eintauchen in warmes oder kaltes Wasser temperirte und dann auf die Haut aufsetzte, theils einen grossen Schlüssel, den er erwärmte oder erkältete, und mit dessen abgerundetem Ende er die Haut berührte.

Die Haut des Gesichtes schien WEBER alle anderen Theile an Empfindlichkeit zu übertreffen, insbesondere galt dies von den Augen-

¹ Ueber das Wärmeleitungsvermögen der Epidermis sowie der Haut überhaupt vergl. KLUG, Ztschr. f. Biologie. X. S. 73. 1874.

lidern und den Backen. Erstere waren am äusseren und inneren Augenwinkel empfindlicher als in der Mitte. Die Lippen standen den Lidern und Backen nach und waren auf den Seitentheilen empfindlicher, als in der Mitte, während, wie WEBER hervorhebt, der Ortsinn an den Lippen viel feiner ist, als an den Backen, und auf der Mitte feiner, als an den Seitentheilen. Am Halse war die Empfindlichkeit für Temperatureindrücke viel geringer, als im Gesichte. Die Haut in der Gegend der Medianlinie des Gesichtes, der Brust, des Bauches und des Rückens war viel weniger empfindlich als die seitlich angrenzenden Theile, die Empfindlichkeit an der Nasenspitze viel geringer als an den Seiten der Nase, viel grösser an den Nasenflügeln und am grössten am unteren Rand des äusseren Theiles derselben. Dicht vor dem Tragus des Ohres war die Empfindlichkeit viel grösser als an den Lippen, über dem unteren Rand der Kinnlade grösser als am Kinn, in der Schläfengegend über dem Jochbogen grösser als in der Mitte der Stirn über der Glabella. Die innere Haut der Nase zeigte eine sehr geringe Empfindlichkeit, die Haut des Gehörganges dagegen eine grosse. „Den Anfang des ersten Gliedes des Zeigefingers in der Hohlhand, bis zu welchem die Spalte zwischen den Fingern nicht reicht“ fand WEBER empfindlicher als die entsprechenden Theile am dritten, vierten und fünften Finger, den Ballen des Daumens empfindlicher als den des kleinen Fingers, die Gegend über dem Olecranon empfindlicher als die Haut auf der Mitte des M. triceps oder biceps, die Gegend des Trochanter empfindlicher als die der Crista ilei.

NOTHNAGEL¹ hat, ebenfalls mit einem kalten oder warmen Eisen, die Versuche WEBER's an verschiedenen Personen und an sich selbst wiederholt und Folgendes darüber mitgetheilt: „Die empfindlichsten Parteen des Gesichtes, welche nur noch durch die Seitenwandungen des Rumpfes erreicht werden, sind die Lider, die Wangen und die Schläfen, die stumpfste ist der Nasenrücken. Der Rumpf ist stumpfer als das Gesicht. Die vordere Thoraxwand ist unten meist empfindlicher als oben, der Rücken unempfindlicher als die vordere Wand des Rumpfes. Die Medianlinie ist im Gesichte wie am Rumpfe stumpfer als die seitlichen Parteen, nur in einem Falle waren sie auf dem Rücken gleich, nie zeigte sich das umgekehrte Verhältniss. Das Sternum ist stumpfer als die Linea alba. Hand und Finger sind meist gleich empfindlich, der Vorderarm empfindlicher als die Hand, der Oberarm empfindlicher als der Vorderarm.

1 NOTHNAGEL, Deutsches Arch. f. klin. Med. II. S. 284. 1866.

Dasselbe Verhältniss findet sich an den unteren Extremitäten. Die entsprechenden Parteen sind am Bein stumpfer als am Arm; selten nur ist das Verhältniss beim Fuss- und Handrücken umgekehrt, sehr selten auch sind Hand und Fuss, Unterarm und Unterschenkel gleich empfindlich. Das Verhalten der einzelnen Flächen an den verschiedenen Extremitäten ist kein constantes, doch meist erschien die Streckseite am Oberarm und Oberschenkel empfindlicher als die Beugeseite, am Unterarm und Unterschenkel umgekehrt. Die Dorsalfläche der Finger und Hand war empfindlicher als die Volarfläche, nur in einem Falle waren sie gleich.“

Da die Versuche WEBER's und NOTHNAGEL's ohne Berücksichtigung der adäquaten Temperatur angestellt wurden, und nur die „Stärke des Ein-drucks“ als Maasstab der Vergleichung diente, so machen sie begreiflicher Weise keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit.

Taucht man die Hand in kaltes oder warmes Wasser, so erhält man am Rücken der Hand die Temperaturempfindung eher, als an der Volarseite, weil an dieser die Epidermis dicker ist (WEBER). Taucht man beide Hände in ein tiefes Gefäss mit Wasser, sodass die Hohlhandflächen einander zugekehrt sind, ohne einander zu Berühren, so empfindet man nach WEBER, wenn die Wassertemperatur z. B. 1—2 ° R. beträgt, „anfangs die Kälte stärker am Rücken beider Hände, als an der Hohlhand, weil die Oberhaut am Rücken der Hände viel dünner ist. Nach 8 Sekunden ungefähr fängt aber die Empfindung der Kälte an, in der Hohlhand überwiegend zu werden und dieselbe wächst in dem Maasse, dass es bald ganz unzweifelhaft ist, dass dasselbe Wasser in der Hohlhand eine beträchtlich stärkere Kälteempfindung hervorruft, als auf dem Rücken derselben. Dasselbe zeigt sich, wenn man warmes Wasser anwendet, hinsichtlich der Empfindung der Wärme.“ WEBER schliesst hieraus auf eine „grössere Vollkommenheit des Temperatursinnes“ der Hohlhand im Vergleich zum Handrücken, und erklärt dieselbe aus der grösseren Zahl der Nervenenden.

VI. Die Feinheit des Temperatursinns.

Bestimmungen der kleinsten noch wahrnehmbaren Temperaturdifferenzen zweier sonst gleicher Körper oder Flüssigkeiten sind von E. H. WEBER, FECHNER¹, LINDEMANN², ALSBERG³ und NOTHNAGEL gemacht worden. Die Ergebnisse der einzelnen Forscher sind leider nicht recht vergleichbar, weil die Versuchsbedingungen z. Th. verschiedene waren.

1 FECHNER, Elemente d. Psychophysik. S. 201. 1860.

2 LINDEMANN, De sensu caloris. Halis 1857. Dissertation.

3 ALSBERG, Untersuch. üb. d. Raum- u. Temperatursinn. Dissert. Marburg 1863.

Aus theoretischen Gründen ist es wahrscheinlich, dass die kleinsten Temperaturunterschiede zweier sonst gleicher Körper dann erkannt werden, wenn die zu unterscheidenden Temperaturen der (in Bezug auf die untersuchte und zuvor adaptirte Hautstelle) adäquaten Temperatur der berührten Substanz möglichst nahe kommen, und zwar derart, dass die eine nach unten, die andere nach oben ein wenig von der adäquaten Temperatur abweicht. Hiermit stehen die Ergebnisse von NOTHNAGEL einigermassen in Einklang, welcher das feinste Unterscheidungsvermögen bei Temperaturen des benützten Wassers fand, welche zwischen $27-33^{\circ}\text{C.}$ lagen, wobei zu bemerken ist, dass er einen und denselben Finger immer bis zu derselben Tiefe abwechselnd in die beiden Wassergefässe eintauchte. FECHNER hatte bei dieser Methode die grösste Unterschiedsempfindlichkeit zwischen $10-20^{\circ}\text{R.}$ gefunden, und zwar war dieselbe hier so gross, dass die eben merklichen Temperaturunterschiede mittels des benützten Thermometers nicht mehr gemessen werden konnten, obwohl dasselbe sehr wohl gestattete, den 20^{sten} Theil eines Grades R. abzuschätzen. Es ist zu erwähnen, dass FECHNER vor Beginn der Vergleichung die Finger so lange in das eine Gefäss tauchte, „bis sie eine constante Temperatur hatten“, so dass also jedenfalls Zeit zu einer gewissen Adaptation gegeben war.

LINDEMANN fand nach der Methode der mittlern Fehler und beim Eintauchen der Hand bis an die Handwurzel die grösste Unterschiedsempfindlichkeit zwischen $26-39^{\circ}\text{C.}$ ALSBERG endlich folgert aus seinen Versuchen, dass die grösste Empfindlichkeit seines Hautsinnes für Temperaturdifferenzen des Wassers zwischen 35 und 39°C. bestehe.

FECHNER sowohl, als LINDEMANN und ALSBERG geben an, dass bei Temperaturen, welche unterhalb der genannten günstigsten Temperaturintervalle liegen, die Unterschiedsempfindlichkeit viel rascher mit der Tiefe der absoluten Temperaturen abnehme, als bei Temperaturen oberhalb jenes Intervalls mit der Höhe der absoluten Temperaturen.

Um beurtheilen zu können, inwieweit die Ergebnisse der verschiedenen Forscher sich in Einklang bringen lassen, müsste man wissen, wie hoch die adäquate Wassertemperatur für die benützten Finger war. Es gibt Menschen, die fast immer sehr kühle oder gar kalte, andere, die gewöhnlich warme Hände haben, ohne dass sie selbst Kälte oder Wärme in der Hand fühlen. Selbstverständlich kann demnach auch die adäquate Wassertemperatur für die Finger verschiedener Personen sehr verschieden sein.

Die Grösse der kleinsten noch wahrnehmbaren Temperaturdifferenz muss mit von der Art der Flüssigkeit abhängen in welche Finger oder Hand eingetaucht werden; Quecksilber wird andere Werthe geben als Wasser, dieses wieder andere als Oel. Da FECHNER fand, dass die kleinsten noch wahrnehmbaren Unterschiede der Wassertemperaturen zu klein sind, als dass man sie mit Thermometern messen könnte, welche $\frac{1}{20}^{\circ}$ R. abzulesen gestatten, so wird es gut sein, bei vergleichenden Versuchen eine Flüssigkeit anzuwenden, welche schlechter als Wasser leitet. Die Verfeinerung der thermometrischen Bestimmung würde voraussichtlich wenig nützen, weil kleine Temperaturdifferenzen der einzelnen Theile einer Flüssigkeit schwer zu vermeiden sind. Wasser hat überdies den Nachtheil, dass es die Epidermis aufquellt und ihr Leitungsvermögen ändert.

Dass es bei Temperaturvergleichen am zweckmässigsten ist, eine und dieselbe Hautstelle nacheinander mit den zu vergleichenden Körpern in Berührung zu bringen, fand schon E. H. WEBER. Taucht man zwei Finger derselben Hand gleichzeitig in zwei nebeneinanderstehende Wassergefässe, so ist die Vergleichung sehr gestört. Besser gelingt sie schon, wenn man zwei entsprechende Finger der rechten und linken Hand benützt. Alle solche Vergleichen mit verschiedenen Hautstellen leiden überdies an dem Uebelstande, dass die adäquate Temperatur des Wassers für beide Hautstellen meist nicht dieselbe ist.

ALSBERG hat den Einfluss untersucht, welchen sogenannte Anämie und passive Hyperämie auf die Feinheit des Unterscheidungsvermögens für Temperaturdifferenzen hat. Er benützte dazu den Zeigefinger. Die Anämie wurde durch längeres Hochhalten der Hand, die Hyperämie durch Umlegen einer breiten Binde um die Mitte des Unterarmes erzielt. Während die Hyperämie das Unterscheidungsvermögen nicht wesentlich zu alteriren schien, zeigte sich bei Anämie eine deutliche Verfeinerung desselben.

Ueber den Einfluss dauernder Kälte und Hitze hat NOTHNAGEL einige Versuche angestellt. Legte er bei verschiedenen Personen einen Eisbeutel $\frac{1}{2}$ —1 Stunde lang auf die Innenseite des Vorderarmes, so wurde an dieser Stelle Wärme und Kälte viel weniger intensiv empfunden, als am andern Arm. Während sonst an dieser Stelle $0.3 - 0.2^{\circ}$ C. Temperaturdifferenz zweier kleiner, sogleich zu beschreibender Apparate erkannt wurde, kam jetzt erst eine Differenz von $1 - 3^{\circ}$ zur Wahrnehmung. Wurde die Hand $\frac{1}{2}$ —1 Stunde lang in Wasser von $42 - 45^{\circ}$ C. getaucht, so wurden erst Temperaturdifferenzen der Apparate von $0.4 - 0.3^{\circ}$ C. unterschieden, mit der andern Hand aber schon solche von $0.2 - 0.1^{\circ}$ C.

NOTHNAGEL tauchte den Ellbogen in Eiswasser, um den Nervus

ulnaris zu erkälten, und fand am kleinen Finger eine Abnahme des Unterscheidungsvermögens, jedoch nicht in dem Maasse, wie bei directer Einwirkung der Kälte auf die Nervenenden. Eine Steigerung des Unterscheidungsvermögens beobachtete NOTHNAGEL an Hautstellen, auf welchen durch Vesicantien die Epidermis entfernt worden war.

Die Verschiedenheiten der Feinheit des Temperatursinnes an den einzelnen Hautstellen wurden ebenfalls von NOTHNAGEL untersucht. Offenbar werden auch diese nicht blos von der Beschaffenheit des thermischen Apparates (Menge- und Erregbarkeitsverhältnisse der Nervenenden), sondern auch von der Dicke und Durchfeuchtung der Epidermis abhängen.

NOTHNAGEL bediente sich cylindrischer Holzgefässe von $2\frac{1}{2}$ '' Höhe und $1\frac{1}{2}$ '' Durchmesser, deren Boden aus einem Kupferblech von nur $\frac{1}{10}$ Mm. Dicke bestand. Die hölzerne Wand war doppelt und der Zwischenraum mit Asche gefüllt. Der Innenraum der Gefässe wurde mit Wasser gefüllt, dessen Temperatur ein am Apparate selbst fixirtes Thermometer angab. Das Gefäss liess sich durch einen Holzdeckel schliessen und mittels eines seitlichen Handgriffes fassen. Zwei solche verschieden temperirte Gefässe wurden abwechselnd auf dieselbe Hautstelle gesetzt.

An verschiedenen Individuen und auch an sich selbst fand NOTHNAGEL bei dieser Methode folgende Werthe für die kleinste noch wahrnehmbare Temperaturdifferenz: „Auf dem Sternum $0,6^{\circ}$ C., an der Brust oben aussen $0,4^{\circ}$, auf der Mitte des Oberbauches $0,5^{\circ}$, seitlich am Oberbauche $0,4^{\circ}$, auf der Mitte des Rückens $1,2^{\circ}$, seitlich am Rücken $0,9^{\circ}$, in der Hohlhand $0,5—0,4^{\circ}$, am Handrücken $0,3^{\circ}$, an der Streck- und Beugeseite sowohl des Ober- als des Unterarmes $0,2^{\circ}$, am Fussrücken $0,5—0,4^{\circ}$, an der Streckseite des Unterschenkels $0,7^{\circ}$, an der Wade $0,6^{\circ}$, an der Streck- und an der Beugeseite des Oberschenkels $0,5^{\circ}$, an der Wange $0,4—0,2^{\circ}$, an der Schläfe $0,4—0,3^{\circ}$.“

VII. Die Localisirung der Temperaturempfindungen.

Die Localisirung der Temperaturempfindungen findet derart statt, dass sowohl Wärme als Kälte immer in die Haut oder deren nächste Umgebung verlegt werden. Nie ist die Temperaturempfindung eine so entschieden flächenhafte oder so deutlich abgegrenzte, wie etwa die flächenhafte und scharf umgrenzte Gesichtsempfindung, welche von einer weissen oder farbigen Fläche erzeugt wird. Vielmehr hat die Temperaturempfindung, auch wenn sie wie gewöhnlich nach der Fläche ausgebreitet ist, immer zugleich etwas Raumhaftes und er-

streckt sich mehr oder weniger in die Tiefe oder über die Oberfläche der Haut hinaus in den umliegenden Raum. Letzteres ist besonders dann der Fall, wenn nicht gleichzeitige Tastempfindungen eine bestimmtere Localisirung der Temperaturempfindungen herbeiführen. So ist z. B. die Empfindung der Wärme mehr flächenhaft, wenn wir die Hand auf einen warmen Gegenstand legen, dagegen mehr raumhaft, wenn wir sie in warme Luft einbringen.

Den Ort eines Wärme strahlenden Körpers können wir auch blindlings oder im Finstern ungefähr bestimmen, wenn wir die Hand in verschiedenen Richtungen hin- und herbewegen und auf die dabei erfolgende Zu- und Abnahme der Wärmeempfindung achten (E. H. WEBER). Doch wird dabei die Wärmeempfindung nicht an den Ort localisirt, an welchem wir uns den warmen Körper denken, sondern bleibt immer in der Umgebung der Hand.

Wenn wir zwei ungleich temperirte Hautflächen unseres Körpers mit einander in Berührung bringen, z. B. die kühle Hand auf die wärmere Stirn, oder beide verschieden temperirte Hände aneinander legen, so haben wir, wie E. H. WEBER hervorhob, das Gefühl der Wärme und Kälte zugleich an derselben Stelle im Raume, und es ist oft schwer, sofort zu erkennen, welcher Theil der kühlere und welcher der wärmere ist. WEBER hat ausführlich die Nebenumstände erörtert, von welchen es, abgesehen von der Richtung der Aufmerksamkeit und oft trotz derselben, abhängt, ob hierbei die Wärme eher und deutlicher gefühlt wird als die Kälte, oder umgekehrt.

Bringt man die stumpfen oder ebenen Enden eines kalten und eines warmen Stäbchens so nahe neben einander auf die Haut, dass die Verschiedenheit ihres Ortes nicht mehr wahrgenommen werden kann, so fühlt man, wie CZERMAK¹ angegeben und KLUG² bestätigt hat, an einer und derselben Hautstelle Wärme und Kälte, ja es schien CZERMAK unter Umständen „ein Schwanken der Wahrnehmung, ähnlich dem Wettstreite der Sehfelder“ einzutreten. KLUG erhielt dabei den Eindruck, „als berührte die Haut nur einen Körper, welcher aber bald kalt, bald warm war“. Betrug die Temperatur des einen Tasters 5°, die des anderen 20—40° C., so schien es, als würde die Haut nur vom kalten Taster berührt.

CZERMAK hatte sich zu diesen Versuchen sehr kleiner Probirgläschen bedient, deren eines mit heissem Oel, das andere mit einer Kältemischung gefüllt war. KLUG benützte einen kleinen, von KRONECKER angegebenen, als *Thermaesthesiometer* benannten Apparat. Der-

1 CZERMAK, Sitzgsber. d. Wiener Acad. März 1855. S. 500.

2 KLUG, Arb. d. physiol. Anstalt zu Leipzig. XI. S. 168. 1876.

selbe bestand aus einem neusilbernen Röhrchen, das nach unten durch eine kleine fingerhutförmige Kapsel von dünnem Silberblech abgeschlossen und durch eine bis nahe an diesen Boden reichende Längsscheidewand getheilt war. Jede der beiden Längshälften ging nach oben in ein schräg angesetztes Röhrchen über, so dass der ganze Apparat die Form eines Y hatte. Wurden die seitlichen Röhrchen mit Kautschukschläuchen verbunden, so konnte man Wasser von beliebiger Temperatur durch den Apparat strömen lassen, und dadurch seinen Boden verschieden temperiren.

Mit diesem Apparate suchte KLUG auch festzustellen, ob das Maass des kleinsten Abstandes, welchen die beiden Taster haben mussten, um noch gesondert localisirt zu werden, mit von der Temperatur der Taster abhängig sei. Er brachte zu diesem Zwecke beide Taster auf gleiche Temperatur von 5° , 20° oder 50° C. und fand zunächst, dass bei 5° der Minimalabstand am kleinsten, bei 50° am grössten war, während sich bei 20° ein mittler Werth des Minimalabstandes ergab, der sich nicht änderte als KLUG die Taster, statt auf 20° , auf 30 bis 40° brachte. Da eine Temperatur von $5\frac{1}{2}^{\circ}$ von der Hauttemperatur viel stärker abweicht, als eine Temperatur von 50° , höhere Temperaturen aber nicht angewandt werden können, weil sie schmerzhaft sind, so brachte KLUG den Arm unter Wasser von 15° C., um seine Haut abzukühlen, und setzte die Taster, durch welche er Wasser von 55° oder von 5° leitete; unter dem Wasser auf die Haut. Hierbei ergab sich nun für die warmen Taster ein kleinerer Minimalabstand als für die kalten. Demnach nimmt, so folgert KLUG, der Ortsinn an Feinheit zu, wenn der Temperaturunterschied zwischen den Tastern und der Haut im einen oder anderen Sinne wächst. Uebrigens waren die Unterschiede der Tasterdistanzen geringfügig und nicht grösser, als wie sie sich für KLUG ergaben, wenn er die Taster bei einer mittlen Temperatur einmal sanft aufsetzte und das andere Mal aufdrückte. Auch hierbei fand sich eine Verfeinerung des Ortsinnes durch Steigerung der Druckempfindung, wie dort durch Steigerung der warmen oder kalten Temperaturempfindung.

Wenn KLUG den einen Taster auf 50° , den andern auf 5° temperirte, so fand er den kleinsten Abstand der Taster bald eben so gross, bald etwas grösser als bei gleicher Temperatur beider Taster von 20° .

Schon vor KLUG hat RAUBER¹ analoge Versuche, jedoch nach einer andern Methode angestellt und vorläufige Mittheilung davon gemacht. Er

¹ RAUBER, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1869. S. 273.

legte Holzplättchen mit je zwei Bohrlöchern auf die Haut und bestrahlte die Haut durch diese Löcher hindurch mit Wärme, so dass die Haut an zwei kleinen, bald mehr, bald weniger von einander abstehenden Stellen erwärmt wurde. Der Minimalabstand der Löcher ergab sich etwas grösser als bei Anwendung eines gewöhnlichen Doppeltasters, was RAUBER aber nur auf die Methode, nicht auf eine geminderte Feinheit des Ortsinnes bezieht.

Eine Theorie des Temperatursinnes hat HERING (l. c.) entwickelt. Er geht von der Annahme aus, dass beide Qualitäten der Temperaturempfindung durch einen und denselben Nervenapparat vermittelt werden, und begründet diese Annahme insbesondere durch die Thatsache, dass jeder Temperaturreiz welcher eine Temperaturempfindung erzeugt, in demselben Maasse als er die Empfindlichkeit des thermischen Apparates für die Reize gleicher Art herabsetzt, zugleich die Disposition zur Erzeugung der gegensätzlichen Empfindung erhöht und also die Erregbarkeit für die entgegengesetzten Temperaturreize steigert. Wollte man nun zwei verschiedene Apparate für die beiden Qualitäten der Temperaturempfindung annehmen, so müsste man sich dieselben in so inniger functioneller Beziehung denken, dass die Minderung der Erregbarkeit des einen immer eine genau entsprechende Mehrung der Erregbarkeit des andern herbeiführen würde. Daher ist es viel wahrscheinlicher, dass die beiden Qualitäten der Empfindung durch einen und denselben Apparat ausgelöst werden und zwar durch gegensätzliche Zustände desselben. Der Zustand des thermischen Apparats, bei welchem derselbe weder Wärmee noch Kälteempfindung auslöst, ist der neutrale oder Gleichgewichtszustand desselben, aus welchem er nach entgegengesetzten Richtungen heraus gebracht werden kann. Demnach schreibt HERING der nervösen Substanz des thermischen Apparats zwei verschiedene Erregbarkeiten zu, eine für die positiven, die andere für die negativen Eigentemperaturen, und zwei verschiedene Erregungszustände, deren einer der warmen, der andere der kalten Empfindung entspricht.

Aus seiner allgemeinen Theorie der Nervenfunction, welche sich auf die Annahme gegensätzlicher Processe in der nervösen Substanz gründet, deren einer der Assimilirung, der andere der Dissimilirung der Substanz entsprechen soll, deducirt HERING ferner die Erscheinung der Adaptation und des Contrastes im Bereiche des Temperatursinnes als eine nothwendige Folge des durch die Temperaturreize gestörten und bei andauerndem Reize sich allmählich wieder herstellenden Gleichgewichtes zwischen Assimilirung und Dissimilirung.
